

La programmation linéaire au service de la statistique, exemple de la réduction d'un modèle de crash automobile.

Yves Tourbier

Renault

Les industriels utilisent massivement la simulation numérique des phénomènes physiques pour accélérer leurs processus de conception. RENAULT, par exemple, utilise depuis de nombreuses années la simulation de la dynamique rapide (le crash) pour concevoir la structure métallique de ses véhicules. La caisse d'un véhicule doit en effet respecter un cahier des charges précis dans des configurations représentant des accidents. La simulation numérique remplace les essais car elle est plus rapide à mettre en oeuvre, moins coûteuse, et donne accès à plus d'information sur le déroulement du crash. La simulation est utilisée pour concevoir, l'essai est reporté en fin de projet, pour valider la conception. Cependant, l'augmentation de la puissance des ordinateurs a été absorbée par l'amélioration de la qualité des modèles numériques, de plus en plus fins et proches de l'essai réel. La simulation d'un crash frontal nécessite aujourd'hui encore 15 heures de calcul sur une machine parallèle. L'avancée apportée par la simulation est maintenant ancienne, le processus de conception doit toujours s'améliorer pour réduire le "time to market" : trouver plus vite la meilleure solution, éviter les remises en cause majeures.

Pour cela les constructeurs automobiles, dont RENAULT, utilisent de plus en plus fréquemment les techniques d'optimisation pour explorer plus exhaustivement un domaine de conception de plus en plus grand. Une étude type fait varier les épaisseurs des pièces de la caisse, de 20 à 100 variables, avec pour objectif de minimiser la masse de ces pièces (la masse est synonyme d'émission de CO₂) tout en respectant le cahier des charges relatif au crash (réduire la décélération de la tête, les blessures aux jambes, bassin... des passagers). Les études d'optimisation de ce type sont réalisées avec la technique des plans d'expériences numériques, pour un coût de 3 à 10 calculs crash par variable. La technique des plans d'expériences construit des modèles statistiques des critères du cahier des charges en fonction des variables d'entrée (épaisseurs des pièces). Ces modèles statistiques sont ensuite utilisés pour rechercher des solutions au problème initial, solutions validées par des calculs crash. La qualité des solutions dépend de la qualité des modèles statistiques, la technique des plans d'expériences vise à obtenir le meilleur modèle statistique pour un coût minimal. Une partie des calculs est réalisée en parallèle, une étude ne dure que 2 à 4 semaines malgré un coût unitaire de 15h.

Ce coût est acceptable financièrement mais la durée d'étude doit encore être réduite, les recherches actuelles visent à accélérer la convergence vers des modèles statistiques de bonne qualité. La direction de recherche explorée dans cette présentation est la réduction de modèle. La présentation portera sur une technique de réduction de modèle adaptée au calcul crash, la méthode d'estimation utilise la programmation linéaire. Le programme linéaire à résoudre est de très grande taille, la présentation proposera quelques astuces pour résoudre ce problème.